

# LA DOSIMETRIE

Dr M. CHAKOURI

---

# INTRODUCTION

- L'interaction des rayonnements avec la matière aboutit à un transfert et dépôt d'énergie dans la matière.
- Ce phénomène regroupe plusieurs extensions dans la pratique médicale et autres ;
- Ce qui rend nécessaire de mieux caractériser cet échange énergétique et de quantifier les doses de rayonnements mises en jeu.

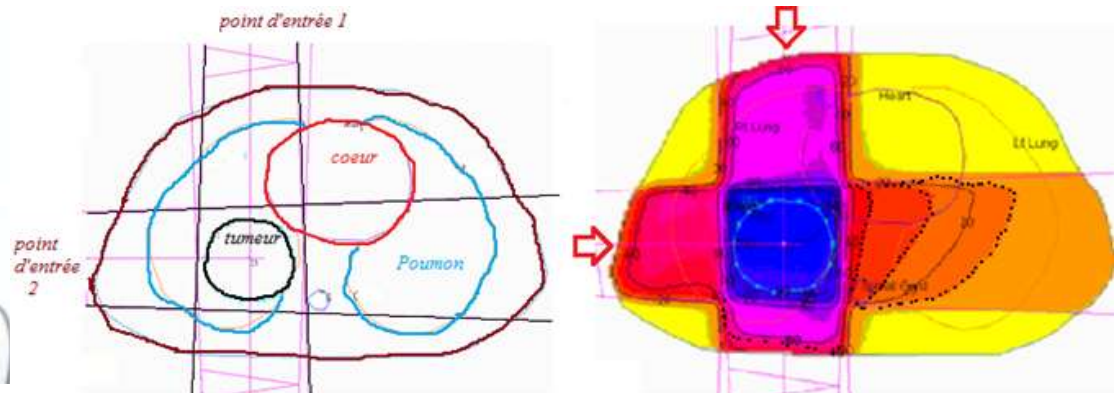
# DEFINITION

- C'est la mesure de la dose absorbée à l'intérieur de la matière.
- une étude quantitative des champs de rayonnements ionisants et leurs effets sur la matière (les milieux biologiques).



# BUT

- ❑ Optimiser les effets des traitements irradiants en radiothérapie aussi bien sur les tissus sains que les tissus tumoraux,



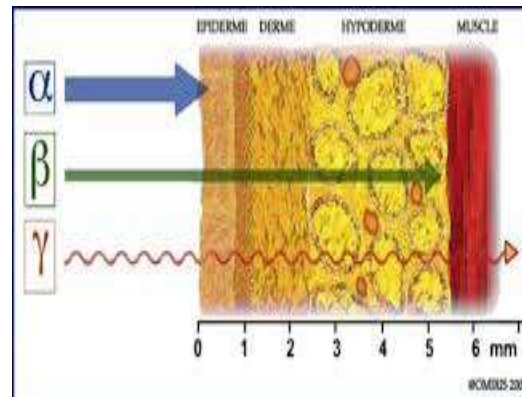
# BUT

- ❑ Elaborer et maîtriser les protocoles radiologiques lorsque les rayonnements ionisants (directs ou indirects) sont utilisés à des fins diagnostiques



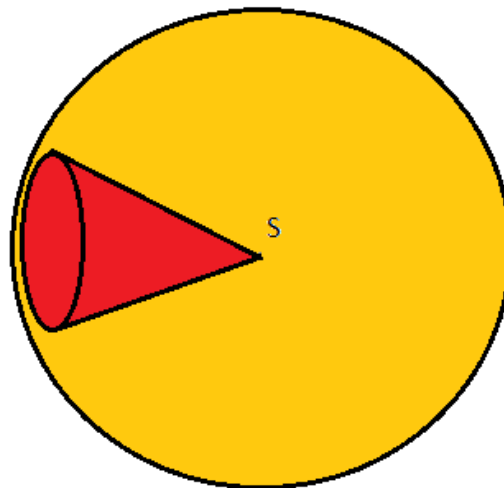
# BUT

- Définir des normes de protection vis-à-vis de ces rayonnements (radioprotection) afin d'éviter l'apparition des effets de ces rayonnements sur l'Homme (radiobiologie).



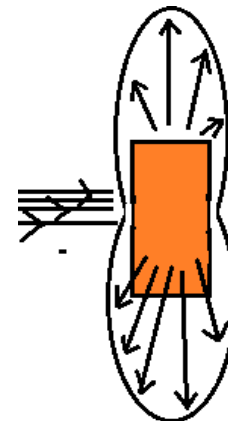
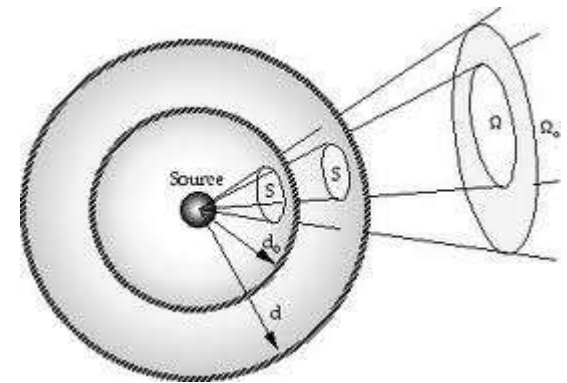
# CARACTERISTIQUE D'UN FAISCEAU DE PHOTON

- Le faisceau de photon correspond à une portion bien définie de l'émission totale de la source de rayonnement, et certains paramètres (énergie transportée, direction des photons, spectre d'énergie) permettent de la caractériser,



# REPARTITION SPATIALE

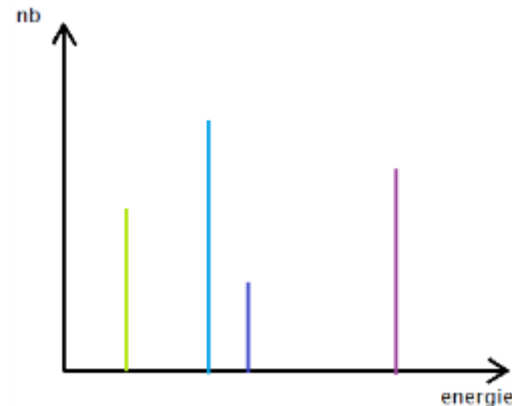
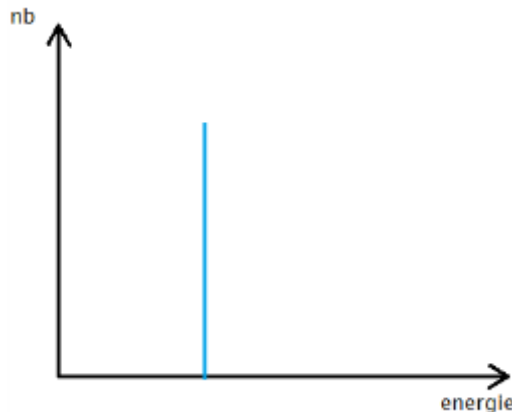
- lorsque l'émission de photon se fait dans tout l'espace entourant la source (dans toutes les directions) on parle d'une émission « **isotrope** » c'est le cas d'une source d'élément radioactif sans protection
- si cette émission se fait dans une ou des directions précises alors l'émission est « **anisotrope** » comme l'émission des rayons X.





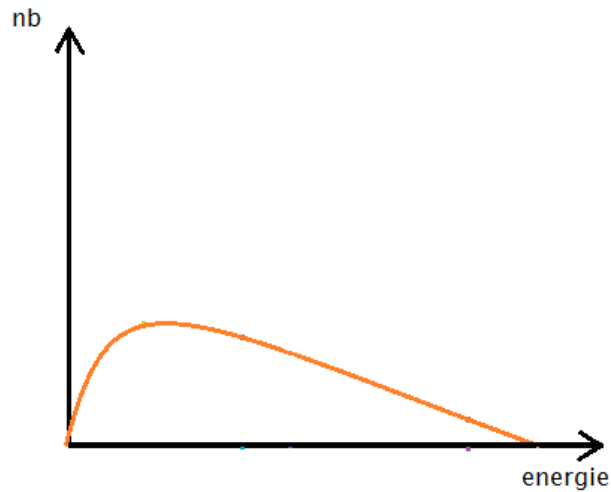
# REPARTITION SPECTRALE

- C'est la représentation des énergies de photons se trouvant dans le faisceau.
- Le faisceau peut comporter des photons avec une ou des énergies bien finis et on aura un « **spectre de raie** »,



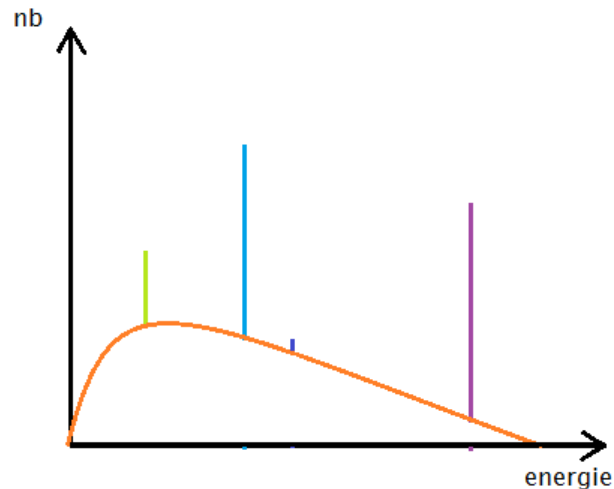
# REPARTITION SPECTRALE

- ou il peut comporter des photons prenant toutes les valeurs énergies possibles et on aura un « **spectre continu** »,



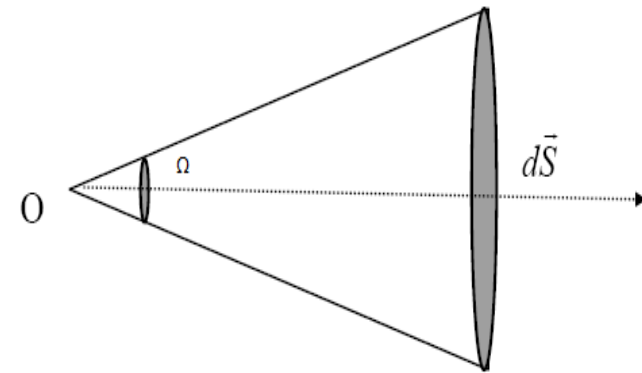
# REPARTITION SPECTRALE

- parfois les deux spectres peuvent se superposer pour donner un « spectre mixte ».



## Remarque :

- Simplification: un faisceau de photon monoénergétique issu d'une émission isotrope dans le vide à partir d'une source radioactive ponctuelle, de sommet  $O$  irradiant une surface  $ds$  à travers l'angle solide  $d\Omega$ .
- L'angle solide étant l'angle qui délimite une partie de l'espace où les photons atteignent la surface  $ds$  perpendiculaire au faisceau
- (angle par lequel la source  $ds$  voit la surface).



# PARAMETRES ENERGETIQUES

- *Flux énergétique* : c'est l'énergie transportée par le faisceau par unité de temps. Son unité est le watt ou joule/seconde (J/s).

$$\phi = \frac{dW}{dt}$$

- *Eclairement énergétique* : en un point P c'est le flux de photon éclairants la surface  $ds$ , son unité est watt/m<sup>2</sup>.

$$E = \frac{d\phi}{dS}$$

# PARAMETRES ENERGETIQUES

- *Fluence énergétique* : ou densité surfacique d'énergie et c'est l'énergie des photons arrivants au point P de la surface ds, exprimé en joule/m<sup>2</sup> (J/m<sup>2</sup>).

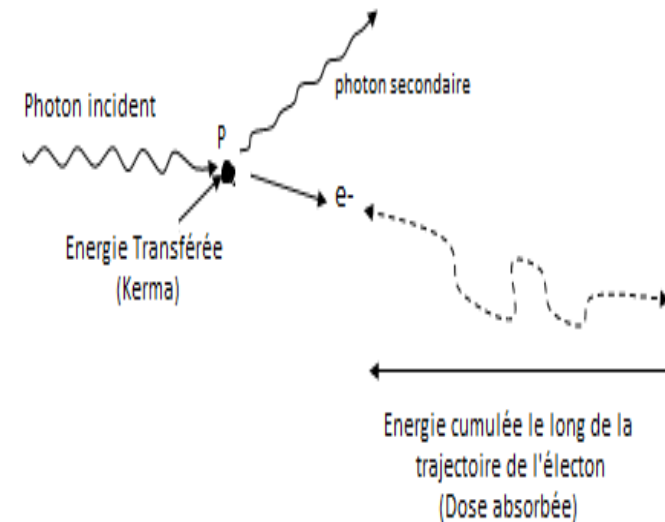
$$F = \frac{dW}{dS}$$

- *Intensité énergétique* : c'est le flux de photon émis dans l'angle solide dΩ, exprimé en watt/stéradian.

$$I = \frac{d\phi}{d\Omega}$$

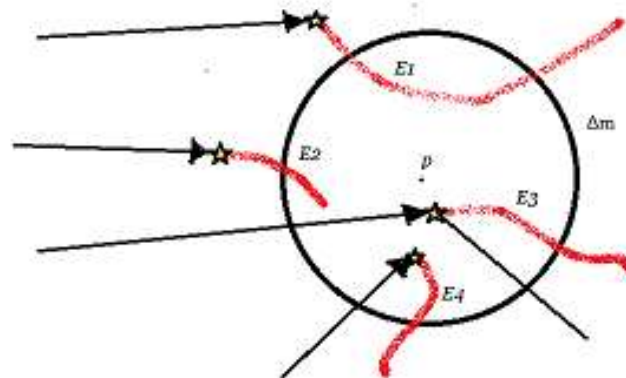
# CONCEPT GENERAL

- Chaque interaction des photons X a pour effet de projeter un électron, le plus souvent vers l'avant. L'énergie cinétique de cet électron est *l'énergie transférée* par le rayonnement, à l'endroit même de l'interaction.
- Cet électron perdra progressivement son énergie sous forme d'ionisation et d'excitation le long de sa trajectoire dans la matière et c'est *l'énergie absorbée* qui est responsable de l'effet sur la matière



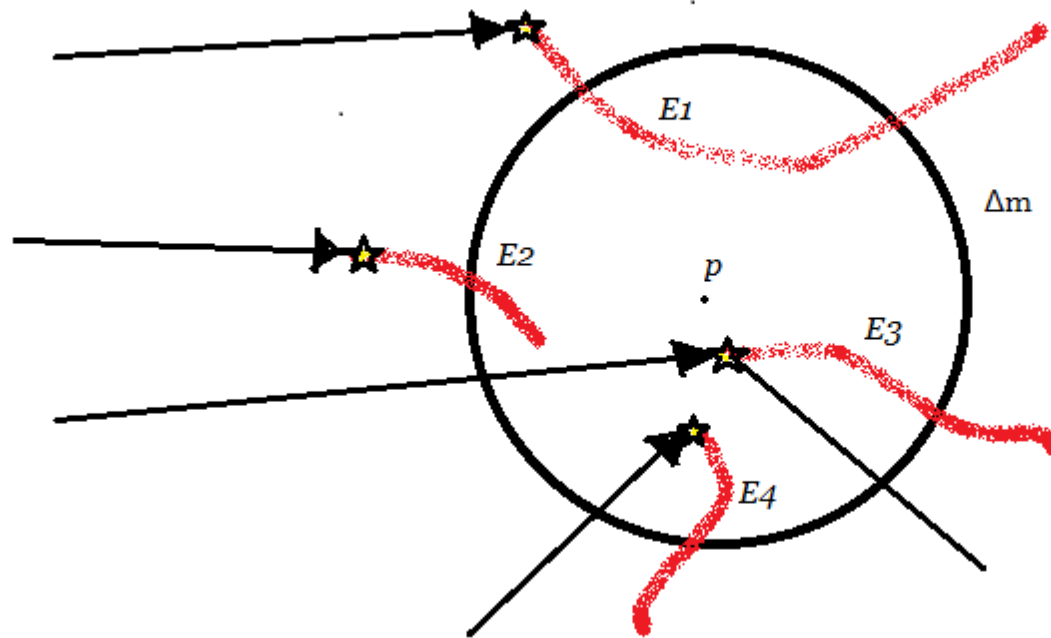
# KERMA

- Energie Cinétique Transféré par unité de Masse
- Le KERMA a pour effet de caractériser les transferts d'énergie en un point P d'un matériau homogène.
- C'est la somme des énergies des électrons mis en mouvement dans  $\Delta m$  par unité de volume  $\Delta m$ .

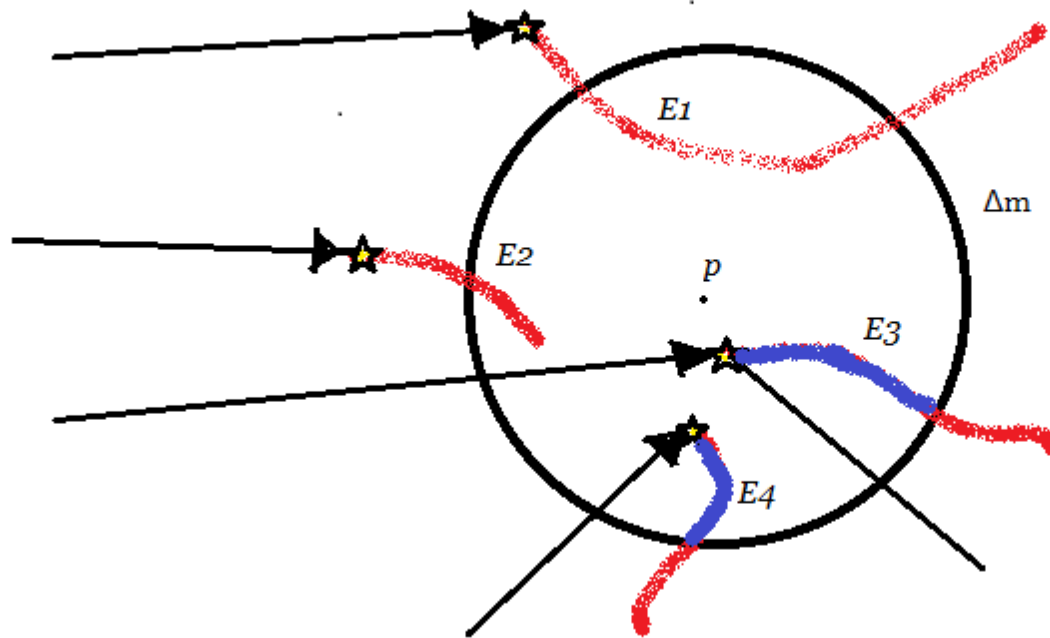




# KERMA



# KERMA



$$K = E_3 + E_4$$

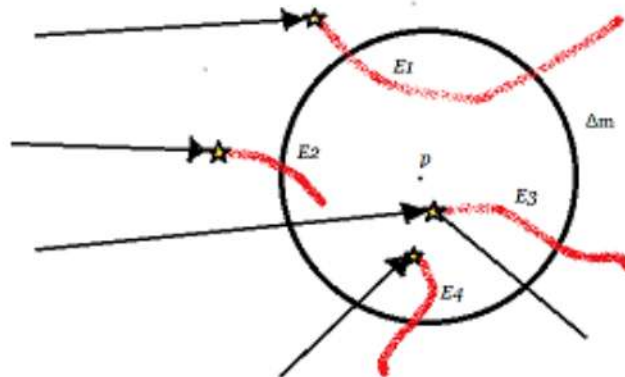
# KERMA

- Le Kerma ( $K$ ) est proportionnel à l'énergie transférée ( $E_t$ ) du photon et du matériau traversé (prenant une petite masse  $\Delta m$ ).
- Malheureusement le Kerma n'est en pratique pas mesurable, il ne dépend pas de l'entourage
- la connaissance de  $F$  en un point permet de déterminer  $K$  en ce point donc il est calculable.

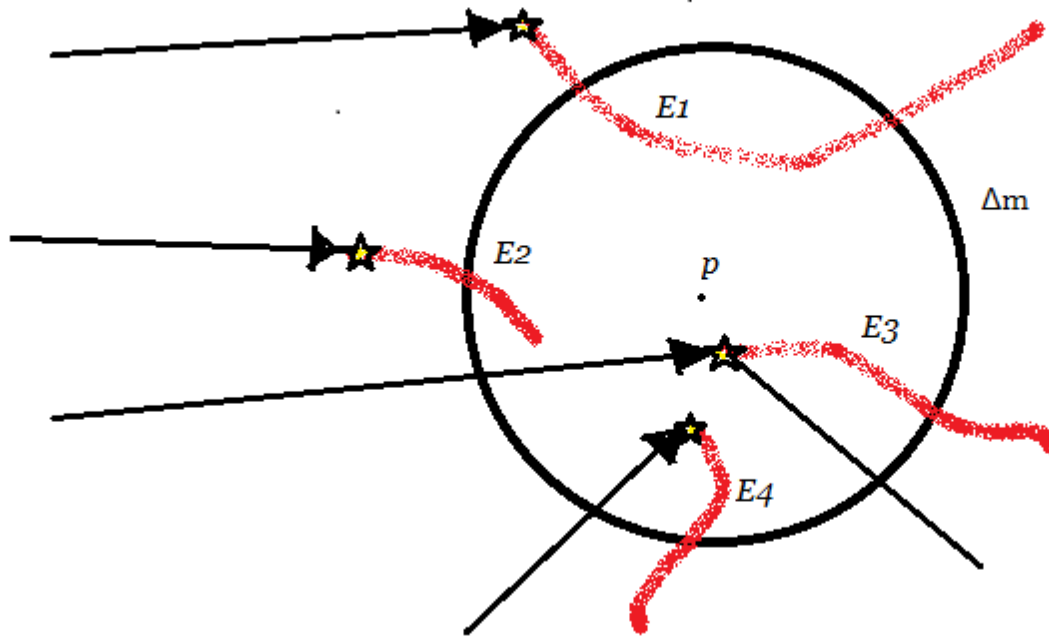
$$K = F \left( \frac{\mu}{\rho} \right)$$

# DOSE ABSORBÉE

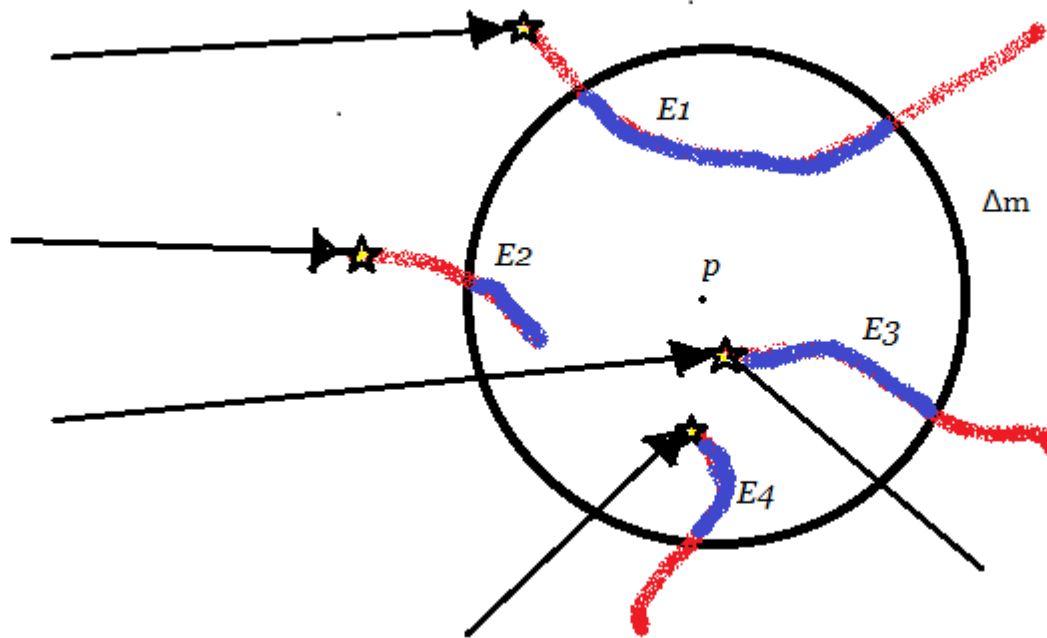
- C'est la somme des énergies créées lors des trajets électroniques eux même créés soit en dehors de  $\Delta m$  ou à l'intérieur.
- Elle caractérise l'absorption d'énergie en un point P.



# DOSE ABSORBEE



# DOSE ABSORBEE



$$D = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

# DOSE ABSORBEE

- C'est un paramètre mesurable mais techniquement difficile (placer des détecteurs à l'intérieur des tissus).
- Son unité correspond à une énergie par unité de masse  $1 \text{ joule/Kg (J/Kg)} = \text{Gray (Gy)}$

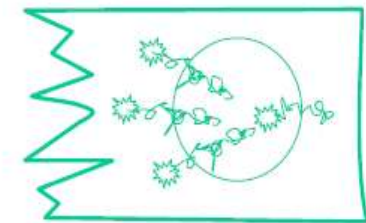
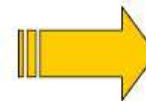
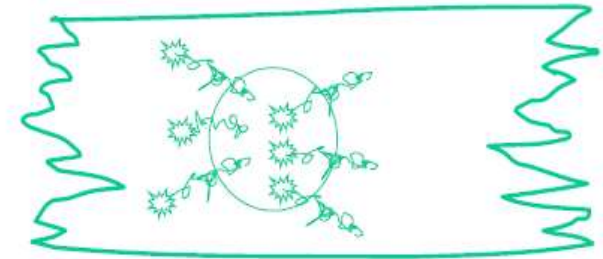
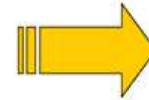
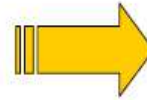
# EQUILIBRE ELECTRONIQUE

- C'est la condition où la dose absorbée est égale au Kerma c'est-à-dire qu'il y'a compensation entre l'énergie emportée à l'extérieur par les électrons nés dans  $\Delta m$  et l'énergie apportée à  $\Delta m$  par les électrons nés à l'extérieur,
- *N.B : Les conditions d'équilibre électronique ne sont pas vérifiées pour les faisceaux de photons très énergétiques (< à 3MeV).*



# EQUILIBRE ELECTRONIQUE

- $\Delta m$  soit située dans masse beaucoup plus grande  $M$ .
- $M$  ai des dimensions très supérieur à la trajectoire électronique mai inférieur au libre parcours moyen des photons ; le photon n'est pas très atténué par  $M$ .
- $\Delta m$  est situé à distance de la face d'entrée supérieur à la longueur d'une trajectoire électronique.



# EXPOSITION

- *L'exposition a pour but de caractériser un faisceau de rayons X par l'ionisation qu'elle procure dans l'air, tout au long de leurs trajectoires les électrons mis en mouvements dans une petite masse d'air*
- L'unité légale est le coulomb/Kg, mais pour des raisons historiques c'est le röntgen (R)
- $1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R}$

# CALCUL DE LA DOSE ABSORBÉE

- Le but est d'arriver à trouver la dose absorbée  $D_{\text{tissu}}$  dans le tissus.
- On se place dans les conditions d'équilibre électronique et on mesure dans l'air avec une chambre d'ionisation, l'exposition en Roentgens due aux rayonnements incidents.

# CALCUL DE LA DOSE ABSORBÉE

- A partir de l'exposition en (R) on calcul la dose absorbée par le milieu en Gray (Gy) ; la dose D calculée dans l'air est donnée par :

$$D_{air} = 87 \times 10^{-4} \times X_{air}$$

- Le calcul de la dose dans le tissu fait intervenir le coefficient d'atténuation massique de l'air et du tissu. On donne directement la dose absorbée dans le tissu par :

$$D_{tissu} = 87 \times 10^{-4} \times \frac{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{tissu}}{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{air}} \times X_{air}$$

# CONCLUSION

- Pour mesurer la dose absorbée dans un tissu on est obligé de passer par un ensemble de conditions et d'approximations qu'on suppose présents, on voit qu'à partir d'une mesure dans l'air de l'exposition, on peut déduire et calculer la dose absorbée dans le tissu.
- Ceci rend compte de la réelle difficulté en pratique médicale de réaliser un calcul réel et exacte de la dose, lorsqu'il s'agit du corps humain avec ses différentes densités de tissu et la profondeur à laquelle on veut faire notre mesure.
- Néanmoins, grâce un appareillage simple, la dose absorbée est bien connue et utilisée en radiothérapie et en médecine nucléaire mais aussi en radiologie et radioprotection.



Chambre d'ionisation



activimètre



Geiger-Muller